

51

Int Cl 2

H 01 L 29/91

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 27 33 840 A 1

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 27 33 840

Aktenzeichen: P 27 33 840 5

Anmeldetag: 27. 7. 77

Offenlegungstag: 16. 2. 78

30

Unionspriorität:

32 33 31

9. 8. 76 Großbritannien 33044-76

54

Bezeichnung:

Halbleiteranordnung mit einem gleichrichtenden  
Metall-Halbleiter-Übergang

71

Anmelder:

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Niederlande)

74

Vertreter:

David, G.M., Pat.-Ass., 2000 Hamburg

72

Erfinder:

Shannon, John Martin, Salfords, Redhill, Surrey (Großbritannien)

DE 27 33 840 A 1

PATENTANSPRUCHE:

1. Halbleiteranordnung mit einem gleichrichtenden Metall-Halbleiter-Hochspannungsübergang, die einen Halbleiterkörper enthält, der eine Halbleiterschicht vom ersten Leitungstyp, die an eine Oberfläche des Körpers grenzt, eine Metallschicht, die sich in Kontakt mit einem Teil der genannten Oberfläche erstreckt und dort einen gleichrichtenden Übergang mit der Schicht vom ersten Leitungstyp bildet, und einen niederohmigen, nicht gleichrichtenden Kontakt mit der Schicht vom ersten Leitungstyp enthält, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht vom ersten Leitungstyp eine erste und eine zweite Teilschicht enthält, von denen die erste Teilschicht an der genannten Oberfläche des Körpers angrenzt und eine Dotierung aufweist, die von der zweiten Teilschicht, auf der sie sich befindet, verschieden ist, wobei eine Anzahl isolierter diskreter Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp sich in der Nähe der Grenze zwischen der ersten und der zweiten Teilschicht und wenigstens unter dem durch die Metallschicht kontaktierten Oberflächenteil befindet.
2. Halbleiteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens unter dem durch die Metallschicht kontaktierten Oberflächenteil die diskreten Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp sich auf einer

809807/0576

ORIGINAL INSPECTED

nahezu gleichmässigen Tiefe von der genannten Oberfläche her befinden.

3. Halbleiteranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Teilschicht eine höhere Dotierung als die zweite Teilschicht aufweist.

4. Halbleiteranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierten diskreten Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp einen nahezu gleichmässigen gegenseitigen Abstand aufweisen, und dass der Abstand zwischen angrenzenden Rändern zweier nebeneinander liegender Gebiete höchstens gleich dem Zweifachen der Dicke der ersten Teilschicht vom ersten Leitungstyp ist.

5. Halbleiteranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Teilschicht eine niedrigere Dotierung als die zweite Teilschicht aufweist, auf der sie sich befindet.

6. Halbleiteranordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierten diskreten Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp einen nahezu gleichmässigen gegenseitigen Abstand aufweisen, und dass der Abstand zwischen angrenzenden Rändern zweier nebeneinander liegender Gebiete grösser als das Zweifache der Dicke der ersten Teilschicht vom ersten Leitungstyp ist.

809807/0576

7. Halbleiteranordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in der Schicht vom ersten Leitungstyp ein an die Oberfläche grenzendes Gebiet vom entgegengesetzten Leitungstyp rings um den Umfang des durch die Metallschicht kontaktierten Oberflächenteiles vorhanden ist, wobei sich diese Metallschicht in Kontakt mit dem genannten Gebiet vom entgegengesetzten Leitungstyp erstreckt.

8. Halbleiteranordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass weitere an die Oberfläche grenzende Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp vorhanden sind, die sich als Bänder rings um den durch die Metallschicht kontaktierten Oberflächenteil erstrecken.

9. Halbleiteranordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht vom ersten Leitungstyp als eine epitaktische Schicht vorhanden ist, die auf einem höher dotierten Substrat vom genannten ersten Leitungstyp abgelagert ist.

-----

809807/0576

-21  
4

PHB.32553  
Va/AvdV  
29.6.77

2733840

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

"Halbleiteranordnung mit einem gleichrichtenden  
Metall-Halbleiter-Übergang"

-----

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine  
Halbleiteranordnung mit einem gleichrichtenden  
Metall-Halbleiter-Hochspannungsübergang, die einen  
Halbleiterkörper enthält, der eine Halbleiterschicht  
vom ersten Leitungstyp, die an eine Oberfläche  
des Körpers grenzt, eine Metallschicht, die sich  
in Kontakt mit einem Teil der genannten Oberfläche  
erstreckt und dort einen gleichrichtenden Übergang

809807/0576

2733840

mit der Schicht vom ersten Leitungstyp bildet, und einen niederohmigen, nicht gleichrichtenden Kontakt mit der Schicht vom ersten Leitungstyp enthält.

5 Gleichrichtende Metall-Halbleiter-Übergänge, die meistens als Schottky-Übergänge bezeichnet werden, werden häufig in der Halbleitertechnologie z.B. in Dioden für Schaltzwecke verwendet, in denen eine hohe Schaltgeschwindigkeit erforderlich ist. Eine hohe Schaltgeschwindigkeit in einem Schottky-Übergang wird  
10 u.a. erhalten infolge der Tatsache, dass die Wirkung auf dem Transport von Majoritätsladungsträgern basiert und die gespeicherte Ladung in einem Schottky-Übergang gering, insbesondere viel geringer als in einem pn-Übergang ist. Die Durchlassspannung bei niedrigem Strom  
15 eines Schottky-Übergangs ist niedrig im Vergleich zu der eines pn-Übergangs. Dioden mit Schottky-Übergängen weisen jedoch den Nachteil auf, dass in der Sperrichtung der Strom mit der angelegten Spannung schnell zunimmt und dass wegen der grossen Oberflächenfeldabhängigkeit  
20 des Sperrstroms die Sperrkennlinie eines Schottky-Übergangs gleichmässig im Vergleich zu der einer diffundierten Diode mit pn-Übergang ist. Ausserdem weisen Schottky-Dioden in der Regel einen grösseren Leckstrom auf. Aus diesem Grunde ist die Anwendung  
25 von Schottky-Dioden als Hochspannungsgleichrichter

809807/0578

2733840

beschränkt. Man hat schon längst gefunden, dass, wenn  
die Sperrkennlinien einer Schottky-Diode wesentlich  
verbessert werden können, die Schottky-Diode mit ihrer  
inhärenten Majoritätsladungstransportmechanismus und  
ihrem inhärenten niedrigen Durchlassspannungsabfall  
5 ausser als Schalter für hohe Geschwindigkeiten auch  
als ein Hochleistungsgleichrichter verwendet werden kann.  
So wurden verschiedene Versuche gemacht um die Kennlinien  
einer Schottky-Diode zu verbessern. Bisher wurde bei  
10 diesen Versuchen davon ausgegangen, dass die gleich-  
mässige Sperrkennlinie eines üblichen Schottky-Übergangs  
an erster Stelle einem Randeffect am Umfang des Metall-  
Halbleiter-Kontakts zuzuschreiben ist, wo eine hohe  
Feldkonzentration zu einem ausserordentlich grossen  
15 Leckstrom und einer niedrigen Sperrdurchschlagspannung  
führt. Daher wurden verschiedene Strukturen zur  
Beschränkung dieses Randeffects vorgeschlagen und  
dabei wird im allgemeinen von der Bildung eines so-  
genannten Schutzringes ausgegangen, der durch ein an  
20 die Oberfläche grenzendes Gebiet gebildet wird,  
dessen Leitungstyp dem des Haupthalbleiterkörpers,  
auf dem der Schottky-Übergang gebildet wird, entgegen-  
gesetzt ist, wobei sich dieser Schutzring ringsum den  
Umfang des Metall-Halbleiter-Kontakts erstreckt und  
25 durch die den Schottky-Übergang bildende Metallschicht

809807/0576

4-  
7

PHB.32553  
29.6.77

2733840

kontaktiert wird. In vielen dieser Strukturen ist die  
Metallschicht in Kontakt mit der Halbleiteroberfläche  
in einer Öffnung in einer Isolierschicht auf der  
Halbleiteroberfläche, wobei die Metallschicht einen  
5 Randteil aufweist, der sich über einen kleinen Abstand  
oberhalb des Randes der Isolierschicht rings um die  
Öffnung erstreckt, und wobei der Schutzring nicht nur  
an der Oberfläche am Rande der Öffnung kontaktiert wird,  
sondern auch von dem Randteil der Metallschicht bedeckt  
10 wird, die gegen diesen Schutzring durch die Isolierschicht  
isoliert ist, wodurch eine MIS-Struktur gebildet wird.  
Es wurde gefunden, dass durch die Bildung diffundierter  
Schutzringstrukturen die Sperrkennlinien von Schottky-  
Dioden erheblich verbessert werden, aber der Nachteil  
15 ergibt sich, dass der Schutzring einen gleichrichtenden  
pn-Übergang mit der gleichen Polarität wie die Schottky-  
Sperre bildet und dass unter Vorspannungsbedingungen  
ein genügender Strom über den Schutzringübergang fließen  
kann, um zu bewirken, dass eine erhebliche Injektion  
20 von Minoritätsladungsträgern in die Masse des Haupt-  
halbleiterkörpers unter der Schottky-Sperre stattfindet.  
Durch eine solche Injektion von Minoritätsladungsträgern  
kann die Erholungszeit ungünstig beeinflusst werden.  
Bei gewissen anderen Anordnungen wird das an die  
25 Oberfläche grenzende Gebiet vom entgegengesetzten

809807/0576



2733840

Leitungstyp fortgelassen und wird der Schutz auf zweckmässige Weise nur durch die MIS-Struktur gebildet, die aus dem Randteil der Metallkontaktschicht besteht, der sich über die Isolierschicht am Rande der Öffnung in der Isolierschicht erstreckt.

Sogar bei der Anordnung der beschriebenen Schutzringstrukturen und/oder der erweiterten Metallkontakt-MIS-Strukturen bleibt die Verbesserung in bezug auf die Sperrdurchschlagspannung noch hinter der Verbesserung zurück, die bei Hochspannungs-pn-Übergangsdiodengleichrichtern erhalten werden kann. Ausserdem ist bei all diesen Strukturen der Sperrstrom noch immer von der Grösse des Oberflächenfeldes in der Nähe des Hauptteiles des Schottky-Übergangs abhängig und nimmt mit der angelegten Vorspannung zu, was zu höheren Leckströmen im Vergleich zu pn-Übergangsdioden führt.

Nach der Erfindung ist eine Halbleiteranordnung anfangs erwähnter Art dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht vom ersten Leitungstyp eine erste und eine zweite Teilschicht enthält, von denen die erste Teilschicht an der genannten Oberfläche des Körpers angrenzt und eine Dotierung aufweist, die von der der zweiten Teilschicht, auf der sie sich befindet, verschieden ist, wobei eine Anzahl isolierter diskreter Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp sich in der Nähe

809807/0576

-2-

PIIB. 32553

29.6.77

9

2733840

der Grenze zwischen der ersten und der zweiten Teilschicht und wenigstens unter dem durch eine Metallschicht kontaktierten Oberflächenteil befindet.

5 Bei einer derartigen Anordnung wird ein gleichrichtender Metall-Halbleiter-Übergang (als Schottky-Übergang bezeichnet) gebildet, in dem durch passende Wahl der unterschiedlichen  $A_b$ -messungen die Durchlasskennlinien eines üblichen Schottky-Übergangs aufrecht-  
10 erhalten werden können, während die Sperrkennlinien erheblich verbessert werden und insbesondere der Sperrleckstrom niedrig ist. Diese Verbesserung ist darauf zurückzuführen, dass die isolierten diskreten Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp bei einer  
15 sich mit der Zeit ändernden angelegten Sperrspannung derart wirken, dass das Oberflächenfeld auf einen bestimmten Wert beschränkt wird, der von der angelegten Vorspannung unabhängig ist. Ausserdem können in gewissen Strukturen die genannten Gebiete, ohne dass  
20 für diesen Zweck andere besondere Massnahmen getroffen werden, derart wirken, dass sich das Erschöpfungsgebiet an der Oberfläche ausbreitet und dass das elektrische Feld am Umfang des Schottky-Übergangs herabgesetzt wird.

Die Wirkung der Anordnung nach der Erfindung basiert, wie nachstehend im Detail beschrieben wird,  
25 auf der Speicherung von Ladung in den isolierten

809807/0576

2733840

diskreten Gebieten beim Anlegen einer Sperrspannung  
über dem Schottky-Übergang, wobei dieser Ladungs-  
speichereffekt auftritt, wenn die Sperrspannung einen  
gewissen Wert erreicht, und wobei dieser Effekt dazu  
5 dient, das Oberflächenfeld bei weiter zunehmender  
Sperrspannung auf einen bestimmten Wert zu beschränken.  
Es wird dafür gesorgt, dass das Vorhandensein der  
isolierten diskreten Gebiete keinen wesentlichen  
Effekt auf den Leitungsmechanismus der Anordnung  
10 bei in der Durchlassrichtung vorgespanntem Übergang  
ausübt. Um dies zu erreichen, ist es notwendig, dass  
die gespeicherte Ladung leicht abgeführt werden kann,  
wenn die angelegte Spannung von der Sperr- in der  
Durchlassrichtung geschaltet wird, und dass überdies  
15 die insgesamt beim Anlegen der Sperrspannung gespeicherte  
Ladung derart ist, dass die Erschöpfungsgebiete, die  
zu den pn-Übergängen zwischen den aufgeladenen Gebieten  
und der Schicht gehören, nicht genügend sind, um Leitungs-  
wege über die Schicht vom ersten Leitungstyp, die sich  
20 zwischen den isolierten diskreten Gebieten erstrecken,  
zu sperren, wenn die angelegte Spannung zu der  
Durchlassrichtung geschaltet wird.

Der Mechanismus zum Aufladen der isolierten  
diskreten Gebiete und zur Beschränkung des Oberflächen-  
feldes basiert auf der anfänglichen Zunahme der  
25

809807/0578

2733840

Sperrvorspannung, wodurch bewirkt wird, dass sich das Erschöpfungsgebiet des Schottky-Übergangs zu den isolierten diskreten Gebieten bei einer entsprechenden Zunahme des Oberflächenfeldes erstreckt.

- 5 Schliesslich erreicht das Erschöpfungsgebiet die isolierten diskreten Gebiete und tritt Durchgriff (punch-through) zu den schwebenden pn-Übergängen zwischen den genannten Gebieten und der Schicht vom ersten Leitungstyp auf. Vorausgesetzt, dass die
- 10 isolierten diskreten Gebiete einen geeigneten gegenseitigen Abstand aufweisen, wird das Oberflächenfeld nun auf einen bestimmten Wert beschränkt infolge der Tatsache, dass bei weiter zunehmender Sperrspannung die diskreten Gebiete aufgeladen werden, wenn die
- 15 zusätzliche Spannung oberhalb der Durchgriffspannung über den genannten pn-Übergängen herabgesetzt wird. Die Dotierung der Schicht und die Abmessungen und der gegenseitige Abstand der isolierten diskreten Gebiete werden entsprechend der Ladungsspeicherung
- 20 gewählt, die in diesen Gebieten stattfinden muss, wobei die maximal anzulegende Sperrspannung berücksichtigt wird. Für die anschliessende Entladung der isolierten diskreten Gebiete nach Umkehr der angelegten Spannung hängt dies von dem Vorhandensein von
- 25 Minoritätsladungsträgern in der Schicht vom ersten

809807/0576

~~9~~  
12

PHB.32553

29.6.77

2733840

Leitungstyp zur Neutralisierung der Ladung in den isolierten diskreten Gebieten ab, und es können Massnahmen getroffen werden, um dafür zu sorgen, dass Minoritätsladungsträger vorhanden sind.

- 5                   Bei einer bevorzugten Ausführungsform befinden sich wenigstens unter dem durch die Metallschicht kontaktierten Oberflächenteil die diskreten Gebiete vom entgegengesetzten Leitungstyp auf einer nahezu gleichmässigen Tiefe von der genannten Oberfläche.
- 10               Mit Rücksicht auf die Steuerung der Verteilung der Erschöpfungsgebiete, die zu den pn-Übergängen zwischen den isolierten diskreten Gebieten und der Schicht vom ersten Leitungstyp gehören, wenn diese Gebiete maximal aufgeladen werden und die angelegte Spannung
- 15               von der Sperr- zu der Durchlassrichtung geschaltet wird, wobei diese Verteilung derart ist, dass Stromwege zwischen den isolierten diskreten Gebieten nicht völlig gesperrt sind, kann daher die Dotierung der Schicht vom ersten Leitungstyp auf geeignete Weise bestimmt werden.
- 20               So weist in einer anderen bevorzugten Ausführungsform die erste Teilschicht eine höhere Dotierung als die zweite Teilschicht auf. In einer derartigen Anordnung können die Erschöpfungsgebiete, die zu den pn-Übergängen zwischen den isolierten diskreten Gebieten und der
- 25               Schicht vom ersten Leitungstyp gehören, sich beim Aufladen

809807/0578

2733840

präferentiell in der zweiten Teilschicht ausbreiten,  
während bei anschliessender Umkehr der angelegten  
Spannung und vor der Entladung der Erschöpfungsgebiete  
die Verteilung der genannten Erschöpfungsgebiete,  
5 vorausgesetzt, dass die isolierten diskreten Gebiete  
einen geeigneten gegenseitigen Abstand aufweisen,  
die Bildung von Stromwegen zwischen den isolierten  
diskreten Gebieten ermöglicht. Ausserdem bleiben unter  
diesen Bedingungen die Erschöpfungsgebiete gut von der  
10 genannten Oberfläche der Schicht vom ersten Leitungstyp  
getrennt.

Wenn hier von einer Grenze zwischen der  
ersten und der zweiten Teilschicht die Rede ist,  
wird damit gemeint, dass der Übergang von der niedrigen  
15 dotierten zweiten Teilschicht zu der höher dotierten  
ersten Teilschicht nicht abrupt zu sein braucht. In der  
Praxis kann, wenn die erste Teilschicht, z.B. durch  
epitaktische Ablagerung, auf der zweiten Teilschicht  
erzeugt wird, ein Gebiet mit einer allmählich zunehmenden  
20 Dotierungskonzentration über eine Dicke von einigen  
Mikrons vorhanden sein.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform,  
bei der die erste Teilschicht eine höhere Dotierung  
als die zweite Teilschicht aufweist, weisen die  
25 isolierten diskreten Gebiete vom entgegengesetzten

809807/0576

PHB.32553  
29.6.77

2733840

-H-  
14

Leitungstyp einen nahezu gleichmässigen gegenseitigen Abstand auf, während der Abstand zwischen angrenzenden Rändern zweier nebeneinander liegender Gebiete höchstens gleich dem Zweifachen der Dicke der ersten Teilschicht vom ersten Leitungstyp ist. In einer derartigen Anordnung ist die Vergrösserung des Oberflächenfeldes oberhalb des Raumes zwischen nebeneinander liegenden Gebieten beschränkt. Im allgemeinen ist es zu bevorzugen, den genannten Abstand zwischen angrenzenden Rändern zweier nebeneinander liegender Gebiete auf einen Wert zu beschränken, der höchstens gleich der Dicke der ersten Teilschicht ist.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die erste Teilschicht eine niedrigere Dotierung als die zweite Teilschicht auf. Die isolierten diskreten vom entgegengesetzten -----

809807/0576

Leitungstyp können einen nahezu gleichmässigen gegen-  
seitigen Abstand aufweisen, während der Abstand  
zwischen angrenzenden Rändern zweier nebeneinander  
liegender Gebiete grösser als das Zweifache der Dicke  
5 der ersten Teilschicht vom ersten Leitungstyp sein kann.

Bei den obenbeschriebenen anderen Ausführungs-  
formen der Anordnung kann die Struktur derart sein,  
dass beim Betrieb, wenn die isolierten diskreten Gebiete  
von der angelegten Sperrspannung in derartigem Masse  
10 aufgeladen sind, dass, wenn die Sperrspannung herab-  
gesetzt wird, wenigstens einige der Erschöpfungsgebiete,  
die zu den pn-Übergängen zwischen den isolierten diskreten  
Gebieten und der Schicht vom ersten Leitungstyp gehören,  
den Schottky-Übergang an der Oberfläche der ersten  
15 Teilschicht erreichen. Auf diese Weise können diese  
Erschöpfungsgebiete Minoritätsladungsträger entziehen  
und dienen daher dazu, das Potential der isolierten  
diskreten Gebiete auf den Wert zu beschränken, bei  
der die erwähnten Erschöpfungsgebiete den Schottky-  
20 Übergang erreichen.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform  
kann sich in der Schicht vom ersten Leitungstyp ein  
an die Oberfläche grenzendes Gebiet vom entgegen-  
gesetzten Leitungstyp rings um den Umfang des durch  
25 die Metallschicht kontaktierten Oberflächenteiles befinden,

809807/0576



wobei sich diese Metallschicht in Kontakt mit dem  
genannten Gebiet vom entgegengesetzten Leitungstyp  
erstreckt. So kann ein sogenannter "Schutzring" vorhanden  
sein. Die Injektion von Minoritätsladungsträgern,  
5 die einer derartigen Struktur inhärent ist, wird  
vorteilhafterweise dazu benutzt, die anfängliche  
Entladung der isolierten diskreten Gebiete einzuleiten  
und die Stromwege über die Schicht vom ersten Leitungs-  
typ zwischen den isolierten diskreten Gebieten zu öffnen.

10 Weitere an die Oberfläche grenzende Gebiete  
vom entgegengesetzten Leitungstyp können vorhanden sein  
und sich als Bänder rings um den durch die Metallschicht  
kontaktierten Oberflächenteil erstrecken. Diese Bänder  
können zur weiteren Erhöhung der Sperrdurchschlag-  
15 spannung der Anordnung benutzt werden, wobei für eine  
vollständige Beschreibung der Theorie der Wirkung  
derartiger Bänder, wenn diese in planaren Hochspannungs-  
pn-Übergängen verwendet werden, auf den Aufsatz von  
Y.C. Kao und E.D. Wolley in "Proc. of I.E.E.E.",  
20 Band 55, Nr. 8, August 1967, S. 1409 - 1414 verwiesen  
wird.

Einige Ausführungsformen der Erfindung sind  
in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden  
näher beschrieben. Es zeigen:

809807/0576

Figuren 1 und 2 im Querschnitt bzw. in Draufsicht einen Teil des Halbleiterkörpers mit der darauf erzeugten Schicht einer ersten Ausführungsform einer Halbleiteranordnung nach der Erfindung, wobei der Querschnitt nach Fig. 1 längs der Linie I-I in Fig. 2 bezeichnet ist;

Figuren 3 und 4 in vergrössertem Massstab Ansichten eines Teiles des Querschnittes nach Fig. 1 zu zwei verschiedenen Zeitpunkten bei der Herstellung der Anordnung nach Figuren 1 und 2,

Fig. 5 im Querschnitt einen Teil des Halbleiterkörpers mit den darauf erzeugten Schichten einer zweiten Ausführungsform einer Halbleiteranordnung nach der Erfindung,

Figuren 6 und 7 in vergrössertem Massstab Ansichten eines Teiles des Querschnittes nach Fig. 5 zu zwei verschiedenen Zeitpunkten bei der Herstellung der Anordnung nach Fig. 5, und

Fig. 8 im Querschnitt einen Teil des Halbleiterkörpers mit der darauf erzeugten Schicht einer dritten Ausführungsform einer Halbleiteranordnung nach der Erfindung.

Figuren 1 bis 4 zeigen eine Halbleiteranordnung mit einer Hochspannungs-Schottky-Diode mit einer hohen Schaltgeschwindigkeit und einem niedrigen

809807/0576

Durchlassspannungsabfall und einem maximalen Betriebsspannungsbereich von etwa  $\pm 100$  V.

Die Anordnung enthält einen Halbleiterkörper aus Silizium mit einem  $n^+$ -Halbleitersubstrat 1 mit einer Dicke von  $200 \mu\text{m}$  und einem spezifischen Widerstand von  $0,001 \text{ Ohm.cm}$ . Auf dem Substrat 1 liegt eine epitaktische Schichtenstruktur, die aus einer unteren  $n^-$ -Teilschicht 3 mit einer Dicke von  $10 \mu\text{m}$  und einem spezifischen Widerstand von  $20 \text{ Ohm.cm}$  und einer oberen  $n$ -Teilschicht 4 mit einer Dicke von  $10 \mu\text{m}$  und einem spezifischen Widerstand von  $10 \text{ Ohm.cm}$  besteht. Die Teilschicht 4 besitzt eine Oberfläche 5, auf der eine Siliziumoxidschicht 6 mit einer Dicke von etwa  $1000 \text{ \AA}$  vorhanden ist. Eine kreisförmige Öffnung 7 mit einem Durchmesser von  $150 \mu\text{m}$  ist in der Oxidschicht 6 vorgesehen und in dieser Öffnung befindet sich eine Metallschicht 8 aus Nickel mit einer Dicke von  $2000 \text{ \AA}$ . Die Metallschicht 8 erstreckt sich weiter auf der Oberfläche der Oxidschicht 6 am Rande der Öffnung und weist einen Gesamtdurchmesser von  $200 \mu\text{m}$  auf. Die Metallschicht 8 bildet einen gleichrichtenden Metall-Halbleiter-Übergang 9 (einen sogenannten Schottky-Übergang) mit dem kontaktierten Oberflächenteil der  $n$ -leitenden Teilschicht 4.

809807/0576

In der Nähe der Grenze zwischen der  
n-Teilschicht 3 und der n-Teilschicht 4 befinden  
sich eine Anzahl in gleichen gegenseitigen Abständen  
liegender diffundierter p-leitender isolierter  
5 diskreter Gebiete 10. Im Querschnitt nach Fig.1  
weisen die p-leitenden Gebiete 10 eine Breite von  
nahezu 7  $\mu\text{m}$  auf, während der Abstand zwischen  
angrenzenden Rändern zweier nebeneinander liegender  
Gebiete 10 nahezu 6  $\mu\text{m}$  beträgt. Die Dicke der  
10 diffundierten p-leitenden Gebiete 10, die sich teilweise  
in der Teilschicht 3 und teilweise in der Teilschicht 4  
erstrecken, ist nahezu 3  $\mu\text{m}$ . Die p-leitenden Gebiete 10  
weisen einen nahezu kreisförmigen Querschnitt (siehe  
Fig.2) und einen Durchmesser von nahezu 7  $\mu\text{m}$  auf.  
15 Auf der unteren Oberfläche des Substrats 1 liegt  
eine Metallkontaktschicht 2. Die Kathode der Schottky-  
Diode wird durch die Schicht 2 und die Anode wird  
durch die Metallschicht 8 gebildet. Die weiteren  
Verbindungen mit der Anode und der Kathode sowie die  
20 Unterbringung des Halbleiterkörpers in einer Umhüllung  
werden nicht näher beschrieben, weil sie für die Erfindung  
nicht von wesentlicher Bedeutung sind.

Die Wirkung der Schottky-Diode, an die eine  
Wechselspannung angelegt ist, wird nun beschrieben,  
25 wobei ausserdem auf Figuren 3 und 4 verwiesen wird.

809807/0576

20-

2733840

Zunächst sei ein Zeitpunkt während der Halbperiode betrachtet, zu dem der Schottky-Übergang in der Durchlassrichtung geschaltet und die Diode somit leitend ist. Wenn diese Durchlassspannung auf Null herab-

5 gesetzt wird, nimmt der Diodenstrom auf Null ab. Die Spannung über dem Schottky-Übergang verläuft dann in der Sperrichtung. Bei einer üblichen Schottky-Diode ist die Sperrkennlinie verhältnismässig gleich-

10 mässig, weil bei zunehmender Sperrspannung der Strom mit einer Zunahme des angelegten Feldes schnell zunimmt, wie bereits beschrieben wurde. Beim Betrieb der vor-

liegenden Ausführungsform breitet sich bei zunehmender Sperrspannung das Erschöpfungsgebiet, das zu dem Schottky-Übergang 9 gehört, von dem genannten Übergang

15 bis in die n-Teilschicht 4 aus, während das Feld ander Oberfläche 5 zunimmt. Endgültig erreicht das Erschöpfungs-

gebiet die isolierten p-leitenden Gebiete 10 und es tritt Durchgriff zu den pn-Übergängen zwischen den

20 genannten p-leitenden Gebieten 10 und der n-leitenden Schicht 3,4 auf. An diesem Punkt wird das Oberflächen-

feld begrenzt, weil eine weitere Zunahme der Sperrspannung bewirkt, dass die p-leitenden Gebiete 10 aufgeladen werden, wobei die zusätzliche Spannung

25 oberhalb der Durchgriffspannung  $V_p$  über den genannten pn-Übergängen herabgesetzt wird. Zum Zeitpunkt, zu dem

809807/0576

COPY

ORIGINAL INSPECTED

2733840

die maximale Sperrspannung  $V$  erreicht ist, liegen  
im Idealfall die isolierten Gebiete 10 an einem  
Potential von  $V - V_p$ , und der Boden des Erschöpfungs-  
gebietes nähert sich einem Zustand nahezu gleichmässiger  
5 Tiefe in der Teilschicht 3. Fig. 3 zeigt die Ausdehnung  
des Erschöpfungsgebietes (mit einer gestrichelten Linie  
angegeben), wenn die genannte maximale Sperrspannung  
erreicht ist, wobei sich das Erschöpfungsgebiet nahezu  
10 völlig über die Teilschicht auf einer nahezu gleich-  
mässigen Tiefe erstreckt. Die p-leitenden Gebiete  
werden auf diese Weise aufgeladen und, während die  
Sperrspannung abnimmt, wird die in den p-leitenden  
Gebieten 10 gespeicherte Ladung wiederverteilt, wobei  
15 zu bemerken ist, dass, wenn kein extern angelegtes  
Feld vorhanden ist, sich die Erschöpfungsgebiete  
zwischen den p-leitenden Gebieten 10 und den n-leitenden  
Teilschichten 3 und 4 weiter in der niedriger dotierten  
Teilschicht 3 als in der höher dotierten Teilschicht 4  
erstrecken werden. Fig.4 zeigt eine derartige Situation,  
20 in der die angelegte Spannung im Begriff ist, in die  
Durchlassrichtung geschaltet zu werden, wobei zu  
bemerken ist, dass die Erschöpfungsgebiete, die mit  
gestrichelten Linien angegeben sind, die Stromwege  
zwischen den einander gegenüber liegenden Seiten der Schicht  
25 nicht völlig sperren. So dienen Löcher, die über den

809807/0576

COPY

ORIGINAL INSPECTED

Schottky-Übergang zur Verfügung kommen, wenn die angelegte Spannung in die Durchlassrichtung geschaltet wird, dazu, die p-leitenden Gebiete 10 schnell zu entladen. Die Anzahl von Löchern, die insbesondere von der präzisen Art der Grenzfläche zwischen der Metallschicht 8 und der Halbleiterschicht 4 und von der Art des Metalls abhängig ist, ist, wenn auch klein, normalerweise genügend, um die p-leitenden isolierten diskreten Gebiete zu entladen.

10 In dieser Ausführungsform dienen die isolierten diskreten Gebiete dazu, das Oberflächenfeld bei zunehmender Sperrvorspannung des Schottky-Übergangs 9 auf einen Wert von weniger als  $8 \times 10^4$  V/cm, d.h. weniger als ein Drittel des Durchschlagfeldes, zu beschränken.

15 Sie dienen weiter dazu, das Erschöpfungsgebiet an der Oberfläche auszubreiten und das elektrische Feld am Umfang der Diode herabzusetzen.

An Hand der Fig.5 wird nun eine zweite Ausführungsform beschrieben. Diese Anordnung enthält einen Halbleiterkörper aus Silizium mit einem  $n^+$ -Substrat 21 mit einer Dicke von  $200 \mu\text{m}$  und einem spezifischen Widerstand von  $0,001 \text{ Ohm.cm}$ . Auf dem Substrat 21 liegt eine epitaktische Schichtenstruktur, die aus einer unteren n-Teilschicht 23 mit einer Dicke von  $15 \mu\text{m}$  und einem spezifischen Widerstand von  $2 \text{ Ohm.cm}$  und einer

25

809807/0576

oberen  $n^-$ -Teilschicht 24 mit einer Dicke von  $4 \mu\text{m}$   
und einem spezifischen Widerstand von  $5 \text{ Ohm.cm}$  besteht.  
Auf der Oberfläche 25 der Teilschicht 24 befindet sich  
eine Siliziumoxidschicht 26 mit einer Dicke von  $1000 \text{ \AA}$ .

5 In einer Öffnung 27 mit einem Durchmesser von  $150 \mu\text{m}$   
in der Oxidschicht befindet sich eine Metallschicht 28  
aus Molybdän mit einer Dicke von  $2000 \text{ \AA}$ , die einen  
Schottky-Übergang 29 mit der  $n^-$ -Teilschicht 24 bildet.  
Der Gesamtdurchmesser der Metallschicht 28 ist  $200 \mu\text{m}$ .

10 In dieser Ausführungsform befinden sich  
implantierte p-leitende isolierte diskrete Gebiete 30  
in der Nähe der Grenze zwischen den Teilschichten 23  
und 24. Die Gebiete 30 weisen einen Durchmesser von  $8 \mu\text{m}$ ,  
einen Teilungsabstand von  $18 \mu\text{m}$  (d.h. einen Abstand  
15 zwischen angrenzenden Rändern von  $10 \mu\text{m}$ ) und eine  
Dicke von  $3 \mu\text{m}$  auf.

Die Wirkung dieser Ausführungsform, in der  
der maximale Betriebsspannungsbereich nahezu  $\pm 100 \text{ V}$  ist,  
ist der der vorhergehenden Ausführungsform ähnlich,  
20 mit dem Unterschied, dass, weil die spezifischen Widerstands-  
werte der epitaktischen Teilschichten umgekehrt sind,  
der Mechanismus zum Entladen der geladenen Gebiete 30  
teilweise verschieden ist. Nachdem die Gebiete 30 aufgeladen  
worden sind und die Sperrspannung von ihrem Höchstwert  
25 an abnimmt, dehnen sich die Erschöpfungsgebiete, die zu

809807/0576



24-

2733840

den pn-Übergängen zwischen den Gebieten 30 und der Schicht 23, 24 gehören, präferentiell in der Teilschicht 23 und somit zu der Oberfläche 25 hin. Einige der Erschöpfungsgebiete erreichen den Schottky-Übergang 29 und entziehen dadurch Löcher und die Erschöpfungsgebiete bleiben in diesem Zustand, wodurch sie die Spannung der isolierten diskreten Gebiete in bezug auf die der Metallschicht 28 beschränken.

Fig.6 zeigt die Ausdehnung des Erschöpfungsgebietes, das zu dem Schottky-Übergang gehört, wenn die Sperrspannung ihrem Höchstwert aufweist. Das mit einer gestrichelten Linie angegebene Erschöpfungsgebiet erstreckt sich nahezu völlig über die Teilschichten 24 und 23 auf einer nahezu gleichmässigen Tiefe. Die p-leitenden Gebiete werden somit aufgeladen, und zwar im Idealfall bei einem Potential von  $V - V_p$ , wobei  $V$  die maximale Sperrspannung und  $V_p$  die Durchschlagspannung von dem Schottky-Übergang 29 zu den Gebieten 30 ist.

Fig.7 zeigt die nachfolgende Situation, in der die angelegte Spannung im Begriff ist, in die Durchlassrichtung geschaltet zu werden, wobei die Erschöpfungsgebiete zwischen den geladenen p-leitenden Gebieten 30 und den Teilschichten 23,24 mit gestrichelten Linien angegeben sind.

809807/0576

Wenn die Spannung in die Durchlassrichtung geschaltet wird, sind die Löcher, die über die Schottky-Sperre zur Verfügung kommen, normalerweise genügend, um die p-leitenden Gebiete 30 zu entladen.

5 In dieser Ausführungsform, wie in der vorhergehenden Ausführungsform, dienen die isolierten diskreten Gebiete dazu, das Oberflächenfeld bei zunehmender Sperrvorspannung auf einen Wert zu beschränken, der kleiner als ein Drittel des Durchschlagfeldes ist. Ausserdem  
10 dienen sie dazu, das Erschöpfungsgebiet an der Oberfläche auszubreiten und das elektrische Feld am Umfang der Diode herabzusetzen.

An Hand der Fig.8 wird nun eine dritte Ausführungsform beschrieben. In dieser Ausführungsform,  
15 die in bezug auf ihre Struktur eine Abwandlung der ersten Ausführungsform für Betrieb bei höherer Spannung, d.h. mit einem maximalen Betriebsspannungsbereich von nahezu  $\pm 600$  V ist, sind entsprechende Gebiete mit den gleichen Bezugswerten bezeichnet. Das  $n^+$ -  
20 Substrat 1 weist eine Dicke von  $200 \mu\text{m}$  und einen spezifischen Widerstand von  $0,001 \text{ Ohm.cm}$  auf. Die untere  $n^-$ -Teilschicht 3 weist eine Dicke von  $60 \mu\text{m}$  und einen spezifischen Widerstand von  $20 \text{ Ohm.cm}$  auf.  
Die obere n-Teilschicht 4 weist eine Dicke von  $10 \mu\text{m}$   
25 und einen spezifischen Widerstand von  $5 \text{ Ohm.cm}$  auf.

809807/0576

Die diffundierten isolierten diskreten  $p^+$ -Gebiete 10 weisen einen Durchmesser von  $15 \mu\text{m}$  und einen Abstand zwischen ihren Mittelpunkten von  $35 \mu\text{m}$  (d.h. einen Abstand zwischen angrenzenden Rändern von  $20 \mu\text{m}$ ) auf.

In einer Öffnung 7 mit einem Durchmesser von  $150 \mu\text{m}$  in der Isolierschicht 6 liegt eine Metallschicht aus Chrom mit einer Dicke von  $2000 \text{ \AA}$  und diese Metallschicht 8 bildet einen Schottky-Übergang mit der n-Teilschicht 4. Die Metallschicht erstreckt sich weiter auf der Isolierschicht 6 in der Nähe des Randes der Öffnung.

An die Oberfläche der n-Teilschicht 4 unter dem Umfang der Metallschicht 8 grenzt ein diffundierter  $p^+$ -Schutzring 35 mit einer Tiefe von  $5 \mu\text{m}$ . Der Schutzring 35 wird durch die Metallschicht 8 am Rande der Öffnung 7 kontaktiert. Der Schutzring 35 weist einen Innendurchmesser von  $120 \mu\text{m}$  und einen Aussendurchmesser von  $180 \mu\text{m}$  auf. Konzentrisch zu dem Schutzring 35 liegen eine Anzahl diffundierter  $p^+$ -Bänder 36. Die Bänder, die je eine ringförmige Konfiguration aufweisen, haben die gleiche Dotierung wie der Schutzring 35 und sind je  $25 \mu\text{m}$  breit.

Die Wirkung dieser Anordnung ist der der ersten Ausführungsform ähnlich, wobei der  $p^+$ -Schutzring 35

809807/0576

zu der Anzahl vorhandener Löcher durch Injektion beiträgt, um die  $p^+$ -Gebiete 10 zu entladen, wenn die angelegte Spannung in die Durchlassrichtung geschaltet wird. Der Schutzring 35 sowie die Bänder 36  
5 verbessern weiter die Fähigkeit zur Verarbeitung von Sperrspannungen in dieser Anordnung. Die  $p^+$ -Gebiete 10 dienen jedoch dazu, das Oberflächenfeld bei zunehmender Sperrvorspannung auf einen Wert zu begrenzen, der kleiner als ein Drittel des Durchschlagfeldes ist.

10 Es dürfte einleuchten, dass im Rahmen der Erfindung viele Abwandlungen möglich sind. Insbesondere in bezug auf die Einschränkung der Ausdehnung der Erschöpfungsgebiete, die zu den pn-Übergängen zwischen den isolierten diskreten Gebieten und dem umgebenden  
15 Material vom ersten Leitungstyp gehören, kann die Dotierung der Schicht vom ersten Leitungstyp stellenweise in der Nähe der Oberfläche z.B. dadurch geändert werden, dass stellenweise die Dotierung der Oberflächen-  
teile der Schicht, die lokal direkt über den Räumen  
20 zwischen den isolierten diskreten Gebieten liegen, vergrößert wird, wobei z.B. eine Maske für die Einführung der erforderlichen Verunreinigungen verwendet wird, die teilweise zu der Maske komplementär ist, die für die Einführung von Verunreinigungen bei der Bildung  
25 der isolierten diskreten Gebiete verwendet wird.

809807/0576

2733840

18-

Ausser in Silizium gebildeten Schottky-Dioden können im Rahmen der Erfindung auch Dioden in anderen Halbleitermaterialien, z.B. Galliumarsenid, gebildet werden. Weiter kann ausser bei der Bildung von Anordnungen in Form von Schottky-Dioden für Hochspannungsgleichrichtung die Erfindung auch in anderen einen Schottky-Übergang enthaltenden Anordnungen verwendet werden, z.B. in Anordnungen, in denen der Schottky-Übergang als eine Schutzdiode verwendet wird, oder in Anordnungen, in denen der Schottky-Übergang als eine gesteuerte Stromquelle verwendet wird.

Von der Oberfläche des Körpers her gesehen, auf der der Schottky-Übergang vorhanden ist, können von der Kreisform verschiedene Querschnittsformen für die isolierten diskreten Gebiete verwendet werden; die genannten Gebiete können, von der genannten Oberfläche her gesehen, z.B. einen rechteckigen Querschnitt aufweisen.

In den besonderen beschriebenen Ausführungsformen befinden sich die isolierten diskreten Gebiete in der Anordnung alle auf einer nahezu gleichmässigen Tiefe. Die Erfindung umfasst jedoch auch andere Strukturen, in denen die genannten Gebiete auf verschiedenen Tiefen liegen; z.B. können die unterhalb und jenseits des Umfangs der den Schottky-Übergang

809807/0576

5 bildenden Metallschicht liegenden Gebiete auf einer  
Tiefe liegen, die von der Tiefe verschieden ist,  
auf der die genannten isolierten diskreten Gebiete  
liegen, die sich direkt unterhalb des Kontakts zwischen  
der Metallschicht und der Halbleiterkörperoberfläche  
befinden. Gleichfalls kann der Abstand zwischen  
den isolierten diskreten Gebieten auf entsprechende  
oder andere Weise in den genannten Zonen geändert werden.  
10 Auch können eine Anzahl einzelner Schichten isolierter  
diskreter Gebiete z.B. in einer Anordnung vorhanden sein,  
in der eine höhere Durchschlagsspannung erforderlich ist.

In allen besonderen beschriebenen Ausführungs-  
formen sind die isolierten diskreten Gebiete derart  
angeordnet, dass sie sich über das ganze Gebiet der  
15 Grenzfläche zwischen der ersten und der zweiten Teil-  
schicht erstrecken. Eine befriedigende Wirkung mit den  
inhärenten Vorteilen der Begrenzung des Oberflächen-  
feldes kann aber auch noch erhalten werden, wenn die  
isolierten diskreten Gebiete lokaler, d.h. wenigstens  
20 unter dem Metall-Halbleiter-Übergang, angebracht werden.  
Um sicherzustellen, dass der Vorteil der Herabsetzung  
des elektrischen Feldes am Umfang der Diode auf be-  
friedigende Weise erzielt werden kann, empfiehlt es sich,  
dass sich die isolierten diskreten Gebiete lateral  
25 jenseits des Aussenrandes des Metall-Halbleiter-Übergangs,  
z.B. über einen Abstand von mindestens 50  $\mu\text{m}$ , erstrecken.

809807/0576

- 30 -  
Leerseite

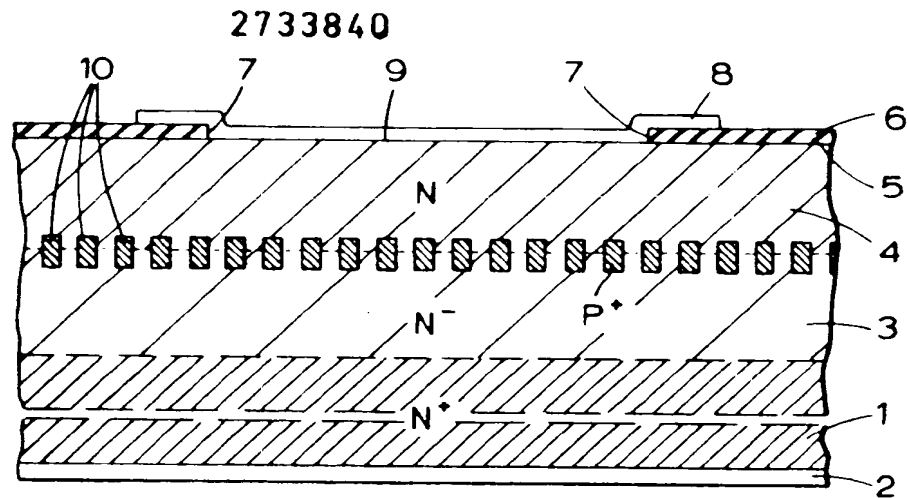


Fig. 1

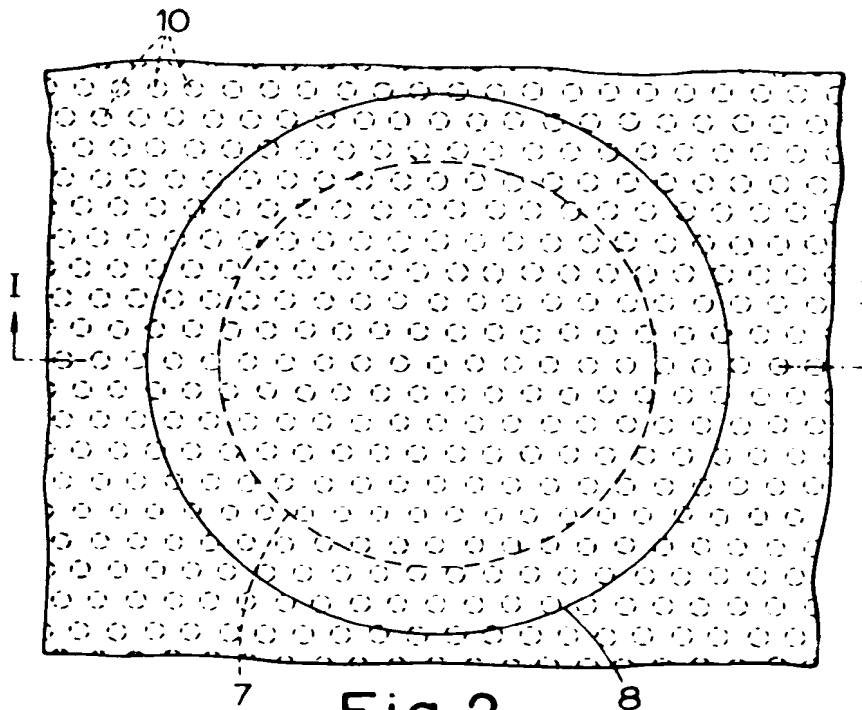
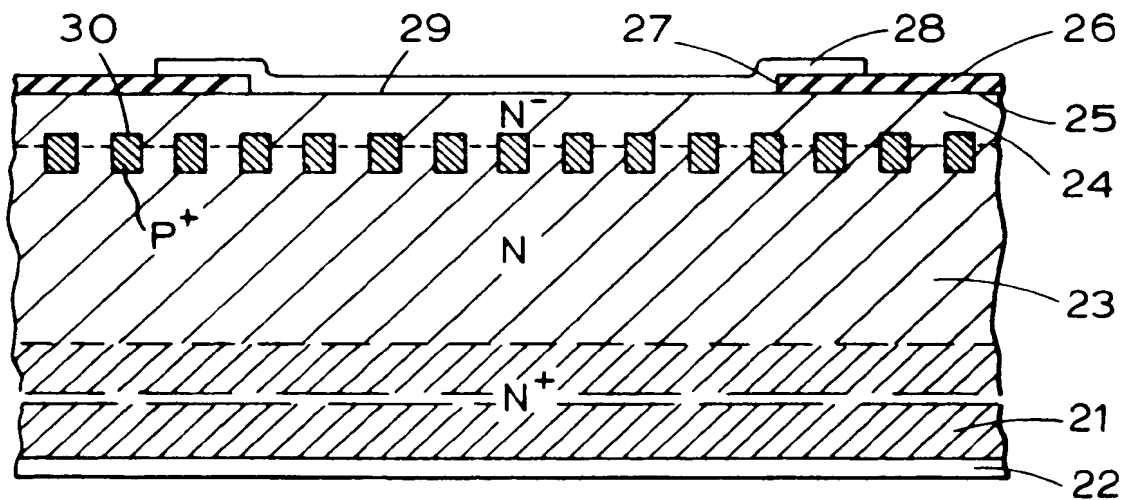
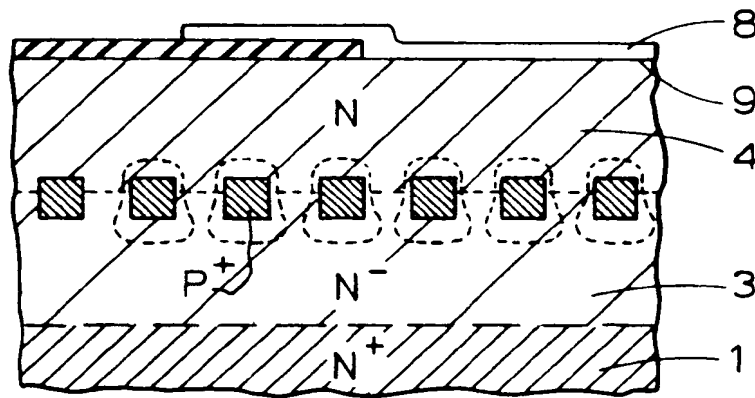
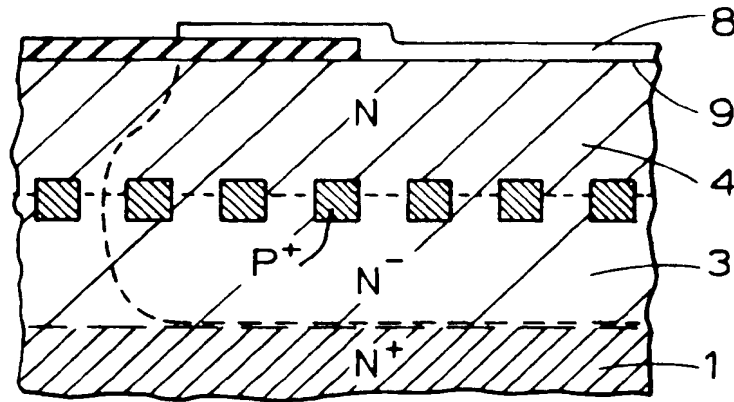
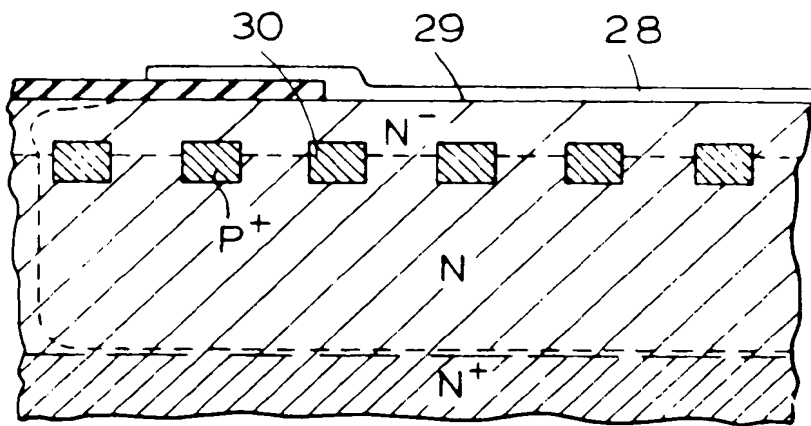


Fig. 2

809807/0578







2733840

Fig. 6

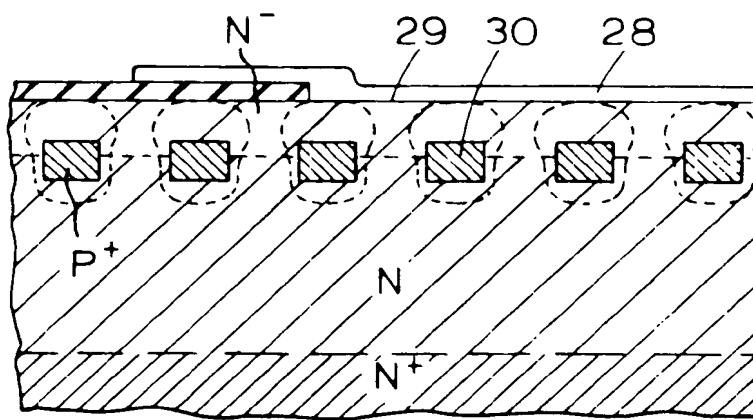


Fig. 7

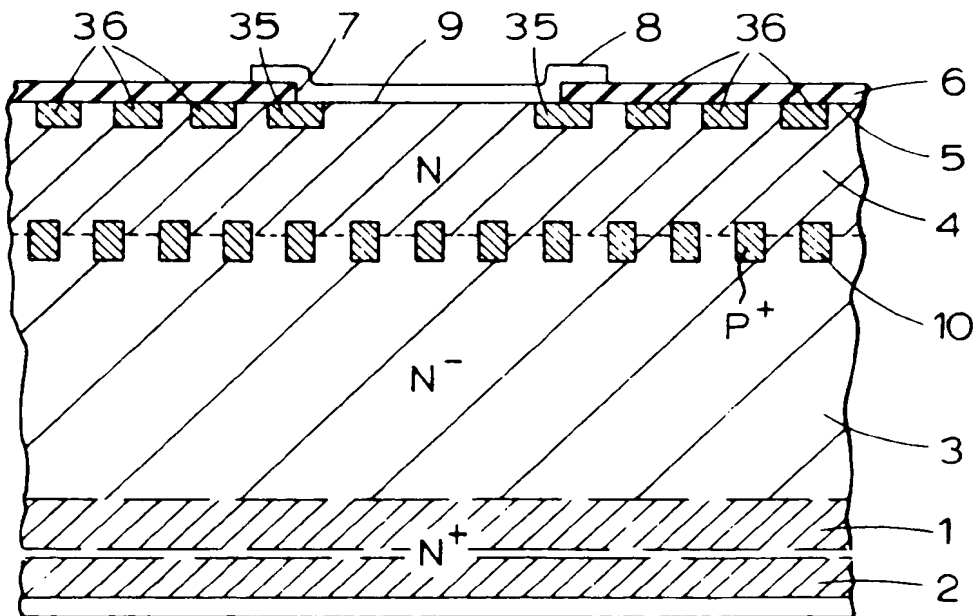


Fig. 8

809807/0576